

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-102447

(43)Date of publication of application : 13.04.2001

(51)Int.Cl.

H01L 21/768

(21)Application number : 11-277922

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 30.09.1999

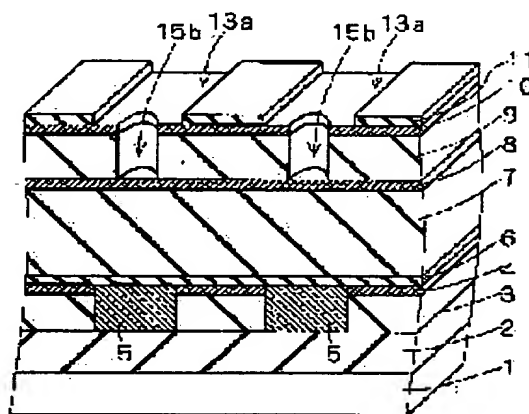
(72)Inventor : MATSUURA MASAZUMI
GOTO KINYA
MORIMOTO NOBORU

(54) MANUFACTURING METHOD OF CONTACT STRUCTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To eliminate an abnormal form at the connection hold formed at a low permittivity interlayer insulating film, related to a manufacturing method for a contact structure where the formation of embedded wiring and that of a low permittivity interlayer insulating film are coupled.

SOLUTION: A fourth interlayer insulating film 11 is formed on the upper surface of the third interlayer insulating film 10. The fourth interlayer insulating film 11 is patterned for a wiring channel while the third interlayer insulating film 10 is patterned for a connection hole. The pattern of connection hole is firstly formed at a third low permittivity interlayer insulating film 9. Then a second interlayer insulating film 8 exposed there is removed and the wiring channel pattern is formed at the third interlayer insulating film 10. Second and third low permittivity interlayer insulating films 7 and 9 are etched to simultaneously form the wiring channel and connection hole. Thus, a photo-resist is re-formed without exposing the second and third low permittivity interlayer insulating films 7 and 9, an abnormal form being hard to take place at the connection hole.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-102447

(P2001-102447A)

(43) 公開日 平成13年4月13日 (2001.4.13)

(51) Int.Cl.

H01L 21/768

識別記号

F I

H01L 21/90

テーマコード(参考)

S 5F033

A

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号

特願平11-277922

(22) 出願日

平成11年9月30日 (1999.9.30)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 松浦 正純

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 後藤 欣哉

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 100089233

弁理士 吉田 茂明 (外2名)

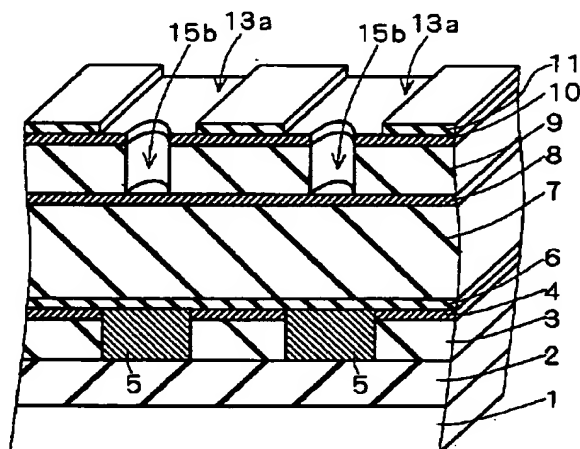
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コンタクト構造の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 埋め込み配線の形成と低誘電率層間絶縁膜の形成とを組み合わせたコンタクト構造の製造方法であって、低誘電率層間絶縁膜に形成する接続孔に対して形状の異常を発生させないものを実現する。

【解決手段】 第3の層間絶縁膜10の上面に第4の層間絶縁膜11を形成する。次に、第4の層間絶縁膜11に配線溝の、第3の層間絶縁膜10に接続孔のパターニングをそれぞれ施す。次に、接続孔のパターンをまず第3の低誘電率層間絶縁膜9に形成する。次に、そこに露出した第2の層間絶縁膜8を除去し、第3の層間絶縁膜10に配線溝のパターンを形成する。そして、第2および第3の低誘電率層間絶縁膜7、9をエッチングして配線溝と接続孔とを同時に形成する。こうすれば、第2および第3の低誘電率層間絶縁膜7、9を露出させずにフォトリソットの再形成が行え、接続孔に形状の異常が発生しにくい。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 表面に接続対象たる電極を有する下地層を準備する第1工程と、

前記下地層の上に第1絶縁膜と、第2絶縁膜と、第3絶縁膜と、フォトレジストの除去処理に対する耐性が前記第3絶縁膜よりも強い第4絶縁膜と、第1の貫通孔を有する第5絶縁膜とを、この順に積層して形成する第2工程と、

前記第4および第5絶縁膜上に前記フォトレジストを形成し、前記フォトレジストにパターニングを施し、前記フォトレジストをマスクとして前記第4絶縁膜にエッチングを行い、前記第1の貫通孔において部分的に露出する第2の貫通孔を前記第4絶縁膜に形成する第3工程と、

前記第4絶縁膜をマスクとして前記第3絶縁膜にエッチングを行い、前記第2の貫通孔と同形の第3の貫通孔を前記第3絶縁膜に形成する第4工程と、

前記第5絶縁膜をマスクとして前記第4絶縁膜にエッチングを行い、前記第1の貫通孔と同形の第4の貫通孔を形成する第5工程と、

前記第3絶縁膜をマスクとして前記第2絶縁膜にエッチングを行い、前記第2の貫通孔と同形の第5の貫通孔を形成する第6工程と、

前記第4絶縁膜および前記第2絶縁膜をそれぞれマスクとし、前記第3絶縁膜および前記第1絶縁膜にエッチングを行い、それぞれに前記第1の貫通孔および第2の貫通孔と同形の第6および第7の貫通孔を、前記電極の上方に位置するように形成する第7工程とを備えるコンタクト構造の製造方法。

【請求項2】 前記第7工程において、前記第6の貫通孔の形成と前記第7の貫通孔の形成とを同時に行う、請求項1記載のコンタクト構造の製造方法。

【請求項3】 前記第5工程と前記第6工程とを同時に行う、請求項1または2記載のコンタクト構造の製造方法。

【請求項4】 前記第7工程の後に、前記第5絶縁膜を除去する第8工程をさらに備える、請求項1乃至3のいずれか一つに記載のコンタクト構造の製造方法。

【請求項5】 前記第2工程の前に、前記下地層の上に前記第1絶縁膜に対しエッチング選択性を有する第6絶縁膜を形成する第9工程と、

前記第1絶縁膜をマスクとして前記第6絶縁膜にエッチングを行い、前記第2の貫通孔と同形の第8の貫通孔を形成する第10工程とをさらに備える、請求項1乃至4のいずれか一つに記載のコンタクト構造の製造方法。

【請求項6】 前記第8工程と前記第10工程とを同時に行う、請求項5記載のコンタクト構造の製造方法。

【請求項7】 前記第5絶縁膜は、シリコン窒化膜またはシリコン炭化膜またはシリコン炭化酸化物膜のいずれかである、請求項1乃至6のいずれか一つに記載のコンタ

クト構造の製造方法。

【請求項8】 前記第1または第3絶縁膜はポリアリルエーテル膜であり、

前記第4または第7工程において、窒素と水素とアンモニアとの混合ガスを用いるプラズマエッチングにより、前記第1または第3絶縁膜に、第3、第6または第7の貫通孔が形成される、請求項1乃至7のいずれか一つに記載のコンタクト構造の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、コンタクト構造の製造方法に関し、特に、埋め込み配線および低誘電率層間絶縁膜の形成に関するものである。

【0002】

【従来の技術】ゲート長の小さな（例えば0.18μm以下の）半導体デバイスにおいて高速化を実現するためには、デバイスにおける信号遅延を低減することが重要である。デバイスでの信号遅延はトランジスタでの信号遅延と配線での信号遅延との和で表わされるが、配線ピッチの縮小が急速に進むにつれて、配線での信号遅延の方がトランジスタでの信号遅延よりもデバイスでの信号遅延に占める割合が大きくなっている。

【0003】配線での信号遅延は配線の抵抗と配線間の容量との積に比例するため、配線での信号遅延を低減するには、配線抵抗あるいは配線間容量を低減することが必要となる。この問題を解決するために、銅等の低抵抗の金属を用いる埋め込み配線技術と、従来の代表的な層間絶縁膜であるシリコン酸化膜に比べ低い誘電率を有する低誘電率層間絶縁膜の形成技術とを組み合わせることが、盛んに研究されている。本発明は、そのうち、下層配線への接続孔と上層配線とを一度に形成する埋め込み配線形成方法（いわゆるデュアルダマシンプロセス）と有機系の低誘電率層間絶縁膜の形成とを組み合わせたコンタクト構造の製造方法に関する。

【0004】図7～図19は、埋め込み配線の形成と低誘電率層間絶縁膜の形成とを組み合わせた、従来のコンタクト構造の製造方法の各工程を模式的に示したものである。なお図14～図17は、接続孔と配線溝との区別を容易にするために立体図で示している。

【0005】まず、図7に示すように、シリコン基板等の半導体基板1上にトランジスタ等の素子を形成し、その後、素子を覆うようにして絶縁膜を形成する。ただし図7では、素子と絶縁膜とをまとめて下部絶縁層2として表わしており、素子を表示してはいない。

【0006】次に、下部絶縁層2上に第1の低誘電率層間絶縁膜3を形成し、第1の低誘電率層間絶縁膜3上にハードマスク4を形成する。なお、第1の低誘電率層間絶縁膜3には例えば、炭素、酸素、水素を主成分とする有機物であるポリアリルエーテル（PolyArylEther：以下PAEと記す）膜が採用され、ハードマスク4には例

えばシリコン酸化膜が採用される。

【0007】そして、フォトレジスト16をハードマスク4上に形成し、フォトリソグラフィ技術を用いて配線溝のパターン17aを形成する(図8)。そして、フォトレジスト16をマスクとしてハードマスク4に対しエッチングを行い、ハードマスク4に配線溝のパターン17bを形成する(図9)。ハードマスク4にシリコン酸化膜を採用する場合、例えばCF₄とO₂との混合ガスを用いたプラズマエッチングによりエッチングが行える。

【0008】ハードマスク4のエッチング終了後、第1の低誘電率層間絶縁膜3に対しエッチングを行い、配線溝17cを形成する。第1の低誘電率層間絶縁膜3にPAE膜を採用する場合、例えばO₂とN₂との混合ガスを用いたプラズマエッチングによりエッチングが行える。このエッチングガスはフォトレジストに対してもエッチング効果があるため、第1の低誘電率層間絶縁膜3のエッチングの際にフォトレジスト16も同時に除去することができる(図10)。なお、このときハードマスク4は、フォトレジスト16が完全に除去されてしまった後に、パターン17bに開口した部分以外の第1の低誘電率層間絶縁膜3がエッチングされてしまうのを防ぐ。例えば、シリコン酸化膜は上記のO₂とN₂との混合ガスを用いたプラズマエッチングによっては除去されないの

で、ハードマスク4に適している。

【0009】その後、半導体基板1上の全面に例えばスパッタ法を用いてバリアメタル(図示せず)を形成し、さらにその上に銅等の第1の金属膜5を例えばスパッタ法や化学気相成長(Chemical Vapor Deposition: 以下CVDと記す)法、電解メッキ法などを用いて形成する(図11)。なお、バリアメタルは、第1の金属膜5を構成する金属が下部絶縁層2や第1の低誘電率層間絶縁膜3に拡散するのを防ぐために設けられる。

【0010】そして、ハードマスク4の表面よりも上方に存在するバリアメタルおよび第1の金属膜5を、例えば化学的機械研磨(Chemical Mechanical Polishing: 以下CMPと記す)法を用いて除去し、配線溝の中にのみバリアメタルおよび第1の金属膜5を残す(図12)。

【0011】次に、ハードマスク4および第1の金属膜5上に、第1の層間絶縁膜6、第2の低誘電率層間絶縁膜7、第2の層間絶縁膜8、第3の低誘電率層間絶縁膜9および第3の層間絶縁膜10を、この順に積層して形成する(図13)。ここで、第1の層間絶縁膜6には例えばシリコン窒化膜が、第2および第3の層間絶縁膜8、10には例えばシリコン酸化膜が、第2および第3の低誘電率層間絶縁膜7、9には例えばPAE膜が、それぞれ採用される。

【0012】そして、フォトレジスト18を第3の層間絶縁膜10上に形成し、フォトリソグラフィ技術により接続孔のパターン15eをフォトレジスト18に形成す

る(図14)。そして、フォトレジスト18をマスクとして、第3の層間絶縁膜10、第3の低誘電率層間絶縁膜9、第2の層間絶縁膜8および第2の低誘電率層間絶縁膜7にエッチングを施し、接続孔15fを形成する(図15)。

なお、第2および第3の層間絶縁膜8、10にシリコン酸化膜を採用し、第2および第3の低誘電率層間絶縁膜7、9にPAE膜を採用した場合には、上記と同様、CF₄とO₂との混合ガスを用いたプラズマエッチングによりシリコン酸化膜のエッチングを行い、O₂とN₂との混合ガスを用いたプラズマエッチングによりPAE膜のエッチングを行えばよい。また、フォトレジスト18についてもPAE膜のエッチング時に同時に除去される。また、第1の層間絶縁膜6が接続孔15f形成時のエッチングストップとして機能する。よって、第1の金属膜5にエッチングがおよぶことはない。

【0013】次に、第3の低誘電率層間絶縁膜9内に配線溝を形成する。そのために、フォトレジスト19を第3の層間絶縁膜10上に形成し、フォトリソグラフィ技術により配線溝のパターン13dを形成する(図16)。

その後、フォトレジスト19をマスクとして第3の層間絶縁膜10および第3の低誘電率層間絶縁膜9に対しエッチングを行って配線溝のパターン13eを形成し、続いて、第1の層間絶縁膜6に対しエッチングを行って接続孔のパターン15gを形成する(図17)。そして、半導体基板1上の全面に例えばスパッタ法を用いてバリアメタル(図示せず)を形成し、さらにその上に第2の金属膜20を形成する(図18)。そして、第3の層間絶縁膜10の表面よりも上方に存在するバリアメタルおよび第2の金属膜20を、例えばCMP法を用いて除去し、配線溝13eおよび接続孔15d、15gの中にのみバリアメタルおよび第2の金属膜20を残す(図19)。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】フォトレジスト18、19へのバタニング時に用いるフォトマスクのアラインメント精度が高くない場合には、フォトレジストにパターンが設計どおり形成できないことがある。そのような場合、フォトレジストを除去して、もう一度形成し直し、再度フォトレジストのバタニングを行う。このとき、失敗したフォトレジストについてはO₂ガスを用いたプラズマアッシングによって除去することができる。

【0015】フォトレジスト18を除去する場合は、再び新たなフォトレジストを形成してバタニングすればよく、特に問題はない。ところが、フォトレジスト19を除去する場合に問題がある。

【0016】フォトレジスト19を除去する段階では、すでに接続孔15fが形成されているので、第2および第3の低誘電率層間絶縁膜7、9が接続孔15fに露出している。すると、接続孔15fに露出した第2および第3の低誘電率層間絶縁膜7、9の壁面が、フォトレジ

スト 19 を除去するための O_2 ガスプラズマに曝されてしまう。低誘電率層間絶縁膜のうち P A E 膜などは、 O_2 ガスプラズマに曝されればエッチングされてしまうという性質を有している。よって、第 2 および第 3 の低誘電率層間絶縁膜 7、9 に P A E 膜等 O_2 ガスプラズマにエッチングされやすい材質を採用した場合、図 20 に示すように、第 2 および第 3 の低誘電率層間絶縁膜 7、9 の接続孔 15 f に露出した壁面 21 は過剰にエッチングされて、より奥まった位置の壁面 22 にまで後退してしまう。すなわち、接続孔 15 f の径が拡大して形状の異常を招いてしまい、設計どおりの寸法にならない。

【0017】すると、接続孔 15 f 内に金属膜を十分に埋め込むことができず下層配線の第 1 の金属膜 5 とのコンタクトが充分に取れなかったり、また、隣接する接続孔同士がつながって短絡を招いてしまうといった問題が生じる。

【0018】また、フォトリソのアラインメント精度が高く、フォトリソ 18、19 へのパターン形成が設計どおりに行われた場合であっても、図 16 の状態の後、配線溝 13 e を形成する段階で、同様に接続孔 15 f の径が拡大しやすいという問題が生じる。配線溝 13 e を形成するには、第 3 の層間絶縁膜 10 および第 3 の低誘電率層間絶縁膜 9 にパターニングを行う必要がある。しかし、このパターニングの際にはすでに接続孔 15 f が形成されているため、接続孔 15 f 内に露出した第 2 の低誘電率層間絶縁膜 7 の壁面に対して過度のエッチングが施されてしまいやすい。すなわち、図 21 に示すように、接続孔 15 f 内に露出した第 2 の低誘電率層間絶縁膜 7 の壁面 21 がより奥まった壁面 22 にまで後退してしまい、先の場合と同様、接続孔 15 f の径が拡大して形状の異常を招いてしまう。その結果、上記と同様、接続孔 15 f 内に金属膜を充分には埋め込むことができなかったり、隣接する接続孔同士が短絡してしまうといった問題が生じる。

【0019】さらに、以上のような低誘電率層間絶縁膜への過度のエッチングは、低誘電率層間絶縁膜のエッチングの際に第 3 の層間絶縁膜 10 の表面が露出していることによって加速されてしまう。図 14 に示す工程から図 15 に示す工程に至る間にフォトリソ 18 が完全に除去されてしまうと、その後のエッチングプラズマに対しては第 3 の層間絶縁膜 10 がマスクとなるが、ここで第 3 の層間絶縁膜 10 にシリコン酸化膜が採用されておれば、エッチングプラズマによってシリコン酸化膜の表面から酸素原子が叩き出され、結果として酸素リッチなエッチングプラズマに変化すると考えられるからである。

【0020】本発明は、以上の問題を解決するためになされたものであり、埋め込み配線の形成と低誘電率層間絶縁膜の形成とを組み合わせたコンタクト構造の製造方法であって、低誘電率層間絶縁膜に形成する接続孔に対

して形状の異常を発生させないものを実現する。

【0021】

【課題を解決するための手段】この発明のうち請求項 1 にかかるものは、表面に接続対象たる電極を有する下地層を準備する第 1 工程と、前記下地層の上に第 1 絶縁膜と、第 2 絶縁膜と、第 3 絶縁膜と、フォトリソの除去処理に対する耐性が前記第 3 絶縁膜よりも強い第 4 絶縁膜と、第 1 の貫通孔を有する第 5 絶縁膜とを、この順に積層して形成する第 2 工程と、前記第 4 および第 5 絶縁膜上に前記フォトリソを形成し、前記フォトリソにパターニングを施し、前記フォトリソをマスクとして前記第 4 絶縁膜にエッチングを行い、前記第 1 の貫通孔において部分的に露出する第 2 の貫通孔を前記第 4 絶縁膜に形成する第 3 工程と、前記第 4 絶縁膜をマスクとして前記第 3 絶縁膜にエッチングを行い、前記第 2 の貫通孔と同形の第 3 の貫通孔を前記第 3 絶縁膜に形成する第 4 工程と、前記第 5 絶縁膜をマスクとして前記第 4 絶縁膜にエッチングを行い、前記第 1 の貫通孔と同形の第 4 の貫通孔を形成する第 5 工程と、前記第 3 絶縁膜をマスクとして前記第 2 絶縁膜にエッチングを行い、前記第 2 の貫通孔と同形の第 5 の貫通孔を形成する第 6 工程と、前記第 4 絶縁膜および前記第 2 絶縁膜をそれぞれマスクとし、前記第 3 絶縁膜および前記第 1 絶縁膜にエッチングを行い、それぞれに前記第 1 の貫通孔および第 2 の貫通孔と同形の第 6 および第 7 の貫通孔を、前記電極の上方に位置するように形成する第 7 工程とを備えるコンタクト構造の製造方法である。

【0022】この発明のうち請求項 2 にかかるものは、請求項 1 記載のコンタクト構造の製造方法であって、前記第 7 工程において、前記第 6 の貫通孔の形成と前記第 7 の貫通孔の形成とを同時に行う。

【0023】この発明のうち請求項 3 にかかるものは、請求項 1 または 2 記載のコンタクト構造の製造方法であって、前記第 5 工程と前記第 6 工程とを同時に行う。

【0024】この発明のうち請求項 4 にかかるものは、請求項 1 乃至 3 のいずれか一つに記載のコンタクト構造の製造方法であって、前記第 7 工程の後に、前記第 5 絶縁膜を除去する第 8 工程をさらに備える。

【0025】この発明のうち請求項 5 にかかるものは、請求項 1 乃至 4 のいずれか一つに記載のコンタクト構造の製造方法であって、前記第 2 工程の前に、前記下地層の上に前記第 1 絶縁膜に対しエッチング選択性を有する第 6 絶縁膜を形成する第 9 工程と、前記第 1 絶縁膜をマスクとして前記第 6 絶縁膜にエッチングを行い、前記第 2 の貫通孔と同形の第 8 の貫通孔を形成する第 10 工程とをさらに備える。

【0026】この発明のうち請求項 6 にかかるものは、請求項 5 記載のコンタクト構造の製造方法であって、前記第 8 工程と前記第 10 工程とを同時に行う。

【0027】この発明のうち請求項 7 にかかるものは、

請求項1乃至6のいずれか一つに記載のコンタクト構造の製造方法であって、前記第5絶縁膜は、シリコン窒化膜またはシリコン炭化膜またはシリコン炭化酸化膜のいずれかである。

【0028】この発明のうち請求項8にかかるものは、請求項1乃至7のいずれか一つに記載のコンタクト構造の製造方法であって、前記第1または第3絶縁膜はポリアリルエーテル膜であり、前記第4または第7工程において、窒素と水素とアンモニアとの混合ガスを用いるプラズマエッチングにより、前記第1または第3絶縁膜に、第3、第6または第7の貫通孔が形成される。

【0029】

【発明の実施の形態】実施の形態。まず、従来の技術と同様、図7～図13に示す工程を行って、半導体基板1上に下部絶縁層2、第1の低誘電率層間絶縁膜3、ハードマスク4、バリアメタル（図示せず）、第1の金属膜5、第1の層間絶縁膜6、第2の低誘電率層間絶縁膜7、第2の層間絶縁膜8、第3の低誘電率層間絶縁膜9および第3の層間絶縁膜10を形成する。

【0030】なお、各層の材料には、従来の技術と同様のものを採用すればよい。すなわち、第1～第3の低誘電率層間絶縁膜3、7、9には、例えばPAE膜を採用すればよい。PAE膜は例えば回転塗布法により形成できる。そのほかにも低誘電率層間絶縁膜として、水素化シルセスキオキサン（Hydrogen Silsesquioxane）、メチルシルセスキオキサン（Methyl Silsesquioxane）、ベンゾシクロブテン（Benzocyclobutene）、ポリテトラフロロエチレン（Polytetrafluoroethylene）や、ボラスシリカであるキセロゲル（Xerogel）、エアロゲル（Aerogel）などの回転塗布法で形成される材料や、フッ素化シリコン酸化膜、フッ素化アモルファスカーボン、バリレン（Parylene）などのCVD法で形成される材料が適用可能である。これらの低誘電率層間絶縁膜の比誘電率は、およそ1.8～3.0程度である。なお、第1の低誘電率層間絶縁膜3の膜厚は例えば400nm、第2の低誘電率層間絶縁膜7の膜厚は例えば600nm、第3の低誘電率層間絶縁膜9の膜厚は例えば400nmとすればよい。

【0031】また、ハードマスク4、第2の層間絶縁膜8および第3の層間絶縁膜10にも従来の技術と同様、例えばシリコン酸化膜を採用すればよい。また、第3の層間絶縁膜10は、フォトレジストの除去処理に対する耐性を備えている必要がある。シリコン酸化膜はこの耐性を備えている。シリコン酸化膜は例えばプラズマCVD法により形成できる。また、ハードマスク4、第2の層間絶縁膜8および第3の層間絶縁膜10の膜厚は、それぞれ例えば100nmとすればよい。

【0032】また、第1の層間絶縁膜6にも従来の技術と同様、例えばシリコン窒化膜を採用すればよい。シリコン窒化膜も例えばプラズマCVD法により形成でき

る。また、第1の層間絶縁膜6の膜厚は例えば100nmとすればよい。

【0033】また、第1の金属膜5には例えばアルミ合金や銅等を用いればよい。これらの金属膜は、スパッタ法で成膜した後、熱処理により金属膜を軟化させて埋め込むリフロー法や、CVD法、電解メッキ法等により形成できる。

【0034】次に、第3の層間絶縁膜10の上に第4の層間絶縁膜11を形成する（図1）。この第4の層間絶縁膜11には、例えばシリコン窒化膜を採用すればよい。また、第4の層間絶縁膜11は、フォトレジストの除去処理に対する耐性を備えている必要がある。シリコン窒化膜はこの耐性を備えている。シリコン窒化膜は、第1の層間絶縁膜6と同様、例えばプラズマCVD法により形成できる。また、第4の層間絶縁膜11の膜厚は例えば100nmとすればよい。

【0035】続いて、第4の層間絶縁膜11に配線溝のバターンニングを行う。まず、第4の層間絶縁膜11上にフォトレジスト12を形成し、フォトレジスト12に配線溝のパターンを形成してこれをマスクとし、また、第3の層間絶縁膜10をエッチングストップとしてエッチングを行う。そして、第4の層間絶縁膜11に配線溝のパターン13aを形成する（図2）。なお、第3の層間絶縁膜10にシリコン酸化膜を採用し、第4の層間絶縁膜11にシリコン窒化膜を採用する場合、例えばCl₂とO₂との混合ガスを用いたプラズマエッチングを行えば、第3の層間絶縁膜10をほとんどエッチングすることなく、第4の層間絶縁膜11にパターン13aを形成することができる。Cl₂とO₂との混合ガスを用いたプラズマエッチングでは、ガスの流量比等のエッチング条件を調整することで、エッチングレート（単位時間当たり除去可能な膜厚）の比を例えば、シリコン窒化膜：シリコン酸化膜＝10：1程度とすることが可能だからである。

【0036】そして、フォトレジスト12を除去し、次に、第3の層間絶縁膜10に接続孔のバターンニングを行う。フォトレジスト14を第3の層間絶縁膜10および第4の層間絶縁膜11の上に形成し、先ほど形成したパターン13a内に収まるようフォトレジスト14に接続孔のパターンを形成して、これをマスクとし、また、第3の低誘電率層間絶縁膜9をエッチングストップとしてエッチングを行う。そして、第3の層間絶縁膜10に接続孔のパターン15aを形成する（図3）。

【0037】なお、パターン15aの形成の際に、フォトマスクのアラインメント精度が高くない場合、フォトレジストを除去した後、フォトレジストを再形成し、バターンニングを行う。このとき、再バターンニングのためフォトレジストの除去処理を行っても、フォトレジストの除去処理に対する耐性の強い第3の層間絶縁膜10が存在するので、第3の低誘電率層間絶縁膜9に影響を与え

ることがない。

【0038】さて、第3の層間絶縁膜10にシリコン酸化膜を採用し、第3の低誘電率層間絶縁膜9にPAE膜を採用する場合、例えばC、F、とArとの混合ガスを用いたプラズマエッチングを行えば、第3の低誘電率層間絶縁膜9をまったくエッチングすることなく、第3の層間絶縁膜10にパターン15aを形成することができる。PAE膜はC、F、とArとの混合ガスを用いたプラズマエッチングでは除去されないからである。

【0039】なお、C、F、とArとの混合ガスにさらにO₂ガスを微量加えてもよい。こうすれば、エッチングによる再堆積物が除去されやすくなるので、パターン15aのアスペクト比が上昇してエッチング形状がより望ましいものとなり、エッチング残渣も残りにくくなる。なお、O₂ガスを微量としているので、第3の低誘電率層間絶縁膜9にPAE膜等O₂ガスプラズマにエッチングされやすい材質を採用する場合であっても、第3の低誘電率層間絶縁膜9に与えるダメージは少ない。

【0040】また、接続孔のパターン15aの形成工程においては、フォトリソのアラインメント精度が高く、フォトマスク14へのパターンニング時に配線溝のパターン13aの領域内に接続孔のパターンが収まらず、第4の層間絶縁膜11がフォトリソ14に形成したパターンに露出してしまふことがある。しかし、接続孔は下層配線である第1の金属膜5と上層の配線溝とを導通できればよいので、そのような場合は、他の部分の短絡等の障害をもたらないのであれば、そのまま接続孔を形成してもよい。そしてその場合、フォトリソ14に形成したパターンに露出した第3の層間絶縁膜10と第4の層間絶縁膜11との両方をエッチングすればよい。

【0041】次に、第3の低誘電率層間絶縁膜9に接続孔のパターンニングを行う(図4)。このとき、フォトリソ14、第3の層間絶縁膜10および第4の層間絶縁膜11をマスクとし、第2の層間絶縁膜8をエッチングストップとして第3の低誘電率層間絶縁膜9にエッチングを行う。なお、フォトリソ14は、第3の低誘電率層間絶縁膜9のエッチングの際に同時にエッチングされる。よって、フォトリソ14の除去後は、第3の層間絶縁膜10および第4の層間絶縁膜11がマスクとして機能する。第2および第3の層間絶縁膜8、10にシリコン酸化膜を採用し、第4の層間絶縁膜11にシリコン窒化膜を採用し、第3の低誘電率層間絶縁膜9にPAE膜を採用する場合、例えばO₂とN₂との混合ガス、または、N₂とH₂との混合ガスを用いたプラズマエッチングを行えばよい。どちらの混合ガスの場合も、第2および第3の層間絶縁膜8、10並びに第4の層間絶縁膜11をエッチングすることなく、第3の低誘電率層間絶縁膜9にパターン15aと同形のパターン15bを形成することができる。シリコン酸化膜およびシリコン

窒化膜は、どちらの混合ガスを用いたプラズマエッチングであっても除去されないからである。よって、第2の層間絶縁膜8がパターン15bに露出した時点でエッチングが停止する。

【0042】なお、N₂とH₂との混合ガスを用いる場合には、さらにNH₃ガスを加えてもよい。こうすれば、第3の低誘電率層間絶縁膜9のエッチング速度が速くなる。

【0043】次に、第4の層間絶縁膜11をマスクとし、第3の低誘電率層間絶縁膜9をエッチングストップとして第3の層間絶縁膜10にエッチングを施し、第3の層間絶縁膜10のうち配線溝のパターン13aに露出した部分にパターン13aと同形のパターン13bを形成する。

【0044】そして、第3の低誘電率層間絶縁膜9をマスクとし、第2の低誘電率層間絶縁膜7をエッチングストップとして第2の層間絶縁膜8にエッチングを施し、第2の層間絶縁膜8のうち接続孔のパターン15bに露出した部分にもパターン15bと同形のパターン15cを形成する(図5)。第2および第3の層間絶縁膜8、10にシリコン酸化膜を採用し、第4の層間絶縁膜11にシリコン窒化膜を採用し、第2および第3の低誘電率層間絶縁膜7、9にPAE膜を採用する場合、例えば接続孔のパターン15aの形成工程と同様、C、F、とArとの混合ガスを用いたプラズマエッチングを行えばよい。そうすれば、第2および第3の低誘電率層間絶縁膜7、9並びに第4の層間絶縁膜11をエッチングすることなく、第3の層間絶縁膜10に配線溝のパターン13bを形成し、第2の層間絶縁膜8に接続孔のパターン15cを形成することができる。PAE膜は先述の通りC、F、とArとの混合ガスを用いたプラズマエッチングでは除去されず、また、シリコン窒化膜については、エッチング条件を調整することでエッチングレートの比を例えば、シリコン酸化膜：シリコン窒化膜=10：1程度とすることが可能だからである。なお、先と同様、C、F、とArとの混合ガスに微量のO₂ガスを加えてもよい。O₂ガスを加えると先述のように、エッチング形状がより望ましいものとなり、エッチング残渣も残りにくくなる。なお、O₂ガスを微量としているので、第2および第3の低誘電率層間絶縁膜7、9にPAE膜等O₂ガスプラズマにエッチングされやすい材質を採用する場合であっても、第2および第3の低誘電率層間絶縁膜7、9に与えるダメージは少ない。

【0045】なお、第2の層間絶縁膜8および第3の層間絶縁膜10に互いにエッチング選択性のない材料(例えば上の例のシリコン酸化膜のように同じ材料)を採用すれば、一度のエッチングでパターン15cおよびパターン13bを同時に形成できる。こうすれば、図4から図5に至るのに要する時間が短くて済む。もちろん、互いにエッチング選択性のある材料を第2および第3の層

間絶縁膜8、10に用いて、個別にエッチングを行ってもよい。

【0046】そして次に、第4の層間絶縁膜11をマスクとし、第2の層間絶縁膜8をエッチングストップとして第3の低誘電率層間絶縁膜9にエッチングを施し、第3の低誘電率層間絶縁膜9のうち配線溝のパターン13bに露出した部分にパターン13bと同形のパターン13cを形成する。このパターン13cの形成時には、同時に、第2の層間絶縁膜8をマスクとし、第1の層間絶縁膜6をエッチングストップとするエッチングも第2の低誘電率層間絶縁膜7に施され、第2の低誘電率層間絶縁膜7のうち接続孔のパターン15cに露出した部分にパターン15cと同形のパターン15dを形成する(図6)。

【0047】このときも、第2および第3の層間絶縁膜8、10にシリコン酸化膜を採用し、第1および第4の層間絶縁膜6、11にシリコン窒化膜を採用し、第2および第3の低誘電率層間絶縁膜7、9にPAE膜を採用する場合であれば、パターン15bの形成時と同様、例えば O_2 と N_2 との混合ガス、または、 N_2 と H_2 との混合ガスをを用いたプラズマエッチングを行えばよい。そうすれば、第1～第4の層間絶縁膜6、8、10、11をエッチングすることなく、第3の低誘電率層間絶縁膜9に配線溝のパターン13cを形成し、第2の低誘電率層間絶縁膜7に接続孔のパターン15dを形成することができる。また、 N_2 と H_2 との混合ガスをを用いる場合には、さらに NH_3 ガスを加えてもよい。

【0048】なお、第2および第3の低誘電率層間絶縁膜7、9それぞれの材質を適切に選択して、エッチングレートおよび膜厚を調整することで、配線溝のパターン13cと接続孔のパターン15dとを同時に形成することは可能である。配線溝のパターン13cと接続孔のパターン15dとを同時に形成すれば、第2および第3の低誘電率層間絶縁膜7、9の材料や膜厚、エッチングレートを調整することにより、接続孔のパターン15dにエッチングが過度に施されるのを防ぐことができる。すなわち、図21に示したような接続孔の形状の異常が発生しにくい。図21では、接続孔の形成後に配線溝を形成したため、形成済みの接続孔に過度のエッチングが施されたが、接続孔と配線溝とを同時に形成すれば、どちらか一方に過度のエッチングが施されることは生じにくいからである。よって、接続孔のパターン15dの形状に異常が生じにくい。

【0049】なお、配線溝の間隔に余裕が有り、配線溝の幅が広がっても隣接する配線溝間で短絡の恐れがないときには、先に第3の低誘電率層間絶縁膜9に配線溝のパターン13cを形成しておき、その後、第2の層間絶縁膜8をマスクとして第2の低誘電率層間絶縁膜7にエッチングを施して接続孔のパターン15dを形成するようにしてもよい。この際、パターン13cの形成時にパ

ターン15cを介して第2の低誘電率層間絶縁膜7がエッチングされても構わない。続いて接続孔のパターン15dの形成が行われるからである。

【0050】また、第1の層間絶縁膜6は、第2の低誘電率層間絶縁膜7のエッチングに対してエッチングストップとして機能するが、この膜は必須のものではない。

【0051】さて、第1の層間絶縁膜6のうち接続孔のパターン15dに露出した部分にパターン15dと同形のパターンを形成し、また、第4の層間絶縁膜11を除去する。これにより、図17に示す状態に移る。

【0052】この際、第2および第3の層間絶縁膜8、10にシリコン酸化膜を採用し、第2および第3の低誘電率層間絶縁膜7、9にPAE膜を採用し、第1および第4の層間絶縁膜6、11にシリコン窒化膜を採用する場合、例えば Cl_2 と微量の O_2 との混合ガスをを用いたブラズマエッチングを行えばよい。そうすれば、第2および第3の層間絶縁膜8、10をほとんどエッチングすることなく、第1の層間絶縁膜6のうち接続孔のパターン15dに露出した部分と第4の層間絶縁膜11とを除去することができる。また、第2および第3の低誘電率層間絶縁膜7、9をエッチングすることもない。PAE膜は Cl_2 と微量の O_2 との混合ガスをを用いたブラズマエッチングでもほとんど除去されないからである。なお、 O_2 ガスを微量としているので、第3の低誘電率層間絶縁膜9にPAE膜等 O_2 ガスプラズマにエッチングされやすい材質を採用する場合であっても、第3の低誘電率層間絶縁膜9に与えるダメージは少ない。

【0053】また、以上のように、第4の層間絶縁膜11と第1の層間絶縁膜6とに互いにエッチング選択性のない材料(例えば上の例のシリコン窒化膜のように同じ材料)を採用すれば、一度のエッチングで同時に第4の層間絶縁膜11の除去とパターン15gの形成ができる。こうすれば、図6から図17に至るのに要する時間が短くて済む。

【0054】この後、従来の技術と同様、図18に示したように、バリアメタル(図示せず)を例えばスパッタ法を用いて形成し、さらにその上に銅等の第2の金属膜20をリフロー法やCVD法、電解メッキ法等により形成する。そして、第3の層間絶縁膜10の表面よりも上方に存在するバリアメタルおよび第2の金属膜20を例えばCMP法を用いて除去すれば、図19に示した構造が完成する。

【0055】なお図2～図6においては、接続孔と配線溝との区別を容易にするために立体図で示した。

【0056】本実施の形態にかかるコンタクト構造の製造方法を用いれば、上側に配線溝のパターン13cを、下側に配線溝よりも狭い接続孔のパターン15dを備えたコンタクト構造を形成することができる。また、パターン15aの形成の際に、再パターンニングのためフォトレジストの除去処理を行っても、フォトレジストの除去

処理に対する耐性の強い第3および第4の層間絶縁膜10、11が存在するので、第2および第3の低誘電率絶縁膜7、9に影響を与えることがない。フォトリソスト12を再形成する際には第4の層間絶縁膜11が未エッチングの状態なので、低誘電率層間絶縁膜9、7、3が表面に露出せず、 O_2 ガスプラズマを浴びることがないからである。また、フォトリソスト14を再形成する際も同様に、第3の層間絶縁膜10が未エッチングの状態なので、低誘電率層間絶縁膜9、7、3が表面に露出せず、 O_2 ガスプラズマを浴びることがないからである。

【0057】また、上述したように、配線溝のパターン13cと接続孔のパターン15dとを同時に形成すれば、第2および第3の低誘電率層間絶縁膜7、9の材料や膜厚、エッチングレートを調整することにより、接続孔のパターン15dにエッチングが過度に施されるのを防ぐことができる。よって、図21に示したような接続孔の形状の異常が発生しにくい。

【0058】さらに、低誘電率層間絶縁膜へのエッチングの加速を抑制することができる。図5から図6に至る段階において、エッチングプラズマに対するマスクの役割の大部分を第4の層間絶縁膜11が担うため、第4の層間絶縁膜11にシリコン窒化膜のような酸素原子をほとんど有しない材料を採用すれば、エッチングプラズマが酸素リッチな状態になることを防ぐことができるからである。

【0059】よって、本実施の形態にかかるコンタクト構造の製造方法を用いれば、接続孔内に金属膜を充分には埋め込むことができなかつたり、隣接する接続孔同士が短絡してしまうといった問題は生じにくい。

【0060】なお、第4の層間絶縁膜に他の層間絶縁膜よりも比誘電率の高い材料（例えば、上に例示したシリコン窒化膜の比誘電率は7.3と、代表的な層間絶縁膜であるシリコン酸化膜の3.9に比してやや高い）を用いたとしても、最終的には除去するので層間絶縁膜を追加することによる不利益は生じない。

【0061】また、本実施の形態では、第1および第4の層間絶縁膜の例としてシリコン窒化膜を挙げたが、シリコン窒化膜の代わりにシリコン炭化膜またはシリコン炭化酸化膜を用いてもよい。

【0062】シリコン炭化膜およびシリコン炭化酸化膜も、シリコン窒化膜の場合と同様、 Cl_2 と O_2 との混合ガスを用いたプラズマエッチングによってシリコン酸化膜に選択性を持たせてエッチングすることが可能であり、エッチングガスの流量比を変化させることでシリコン酸化膜とのエッチング選択比を調整できる。同様に、 C_2F_6 と Ar との混合ガスを用いたプラズマエッチングでは、シリコン炭化膜およびシリコン炭化酸化膜はエッチングされずにシリコン酸化膜がエッチングされるよう、エッチング選択比を調整することができる。

【0063】また、いずれの膜も低誘電率層間絶縁膜へ

のエッチングの加速を抑制することができる。ここで、シリコン炭化酸化膜は酸素原子をその内部に有するので、エッチングプラズマを酸素リッチな状態にして低誘電率層間絶縁膜へのエッチングを加速するのではないかという懸念が生じるかもしれない。しかし、シリコン炭化酸化膜内では炭素原子が酸素原子と結合していることから、シリコン酸化膜に比べ酸素原子がプラズマに叩き出されにくく、また、叩き出された酸素原子も、同時に叩き出される炭素原子と結合して CO あるいは CO_2 となりやすいので、エッチングプラズマが酸素リッチな状態にはならない。

【0064】なお、シリコン炭化膜およびシリコン炭化酸化膜は、例えば、メチルシラン($SiH_4 \cdot (CH_3)_2$)またはメチルシランと O_2 との混合ガスを原料ガスとしてプラズマCVD法により形成することができる。

【0065】

【発明の効果】この発明のうち請求項1にかかるコンタクト構造の製造方法を用いれば、上側に第6の貫通孔を、下側に第7の貫通孔を備えたコンタクト構造を形成することができる。また、第2の貫通孔の形成の際に、再パターニングのためフォトリソストの除去処理を行っても、フォトリソストの除去処理に対する耐性の強い第4絶縁膜が存在するので、第3絶縁膜に影響を与えることがない。

【0066】この発明のうち請求項2にかかるコンタクト構造の製造方法を用いれば、第3絶縁膜への第6の貫通孔の形成と第1絶縁膜への第7の貫通孔の形成とを同時に行うので、第1および第3絶縁膜の材料や膜厚、エッチングレートを調整することにより第7の貫通孔にエッチングが過度に施されるのを防ぐことができる。よって、第7の貫通孔の形状に異常が生じにくい。

【0067】この発明のうち請求項3にかかるコンタクト構造の製造方法を用いれば、工程に要する時間が短くて済む。

【0068】この発明のうち請求項4にかかるコンタクト構造の製造方法を用いれば、第5絶縁膜を最終的には除去するので、第5絶縁膜に比誘電率の高い材料を用いることができる。

【0069】この発明のうち請求項5にかかるコンタクト構造の製造方法を用いれば、第1絶縁膜のエッチング時に第6絶縁膜がエッチングストップとして機能するので、接続対象たる電極にエッチングがおよぶことはない。

【0070】この発明のうち請求項6にかかるコンタクト構造の製造方法を用いれば、工程に要する時間が短くて済む。

【0071】この発明のうち請求項7にかかるコンタクト構造の製造方法を用いれば、第1または第3絶縁膜へのエッチングの加速を抑制することができる。

【0072】この発明のうち請求項8にかかるコンタク

ト構造の製造方法を用いれば、第1または第3絶縁膜のエッチング速度が速くなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態にかかるコンタクト構造の製造方法の各段階を示す断面図である。

【図2】 この発明の実施の形態にかかるコンタクト構造の製造方法の各段階を示す断面図である。

【図3】 この発明の実施の形態にかかるコンタクト構造の製造方法の各段階を示す断面図である。

【図4】 この発明の実施の形態にかかるコンタクト構造の製造方法の各段階を示す断面図である。

【図5】 この発明の実施の形態にかかるコンタクト構造の製造方法の各段階を示す断面図である。

【図6】 この発明の実施の形態にかかるコンタクト構造の製造方法の各段階を示す断面図である。

【図7】 従来のコンタクト構造の製造方法の各段階を示す断面図である。

【図8】 従来のコンタクト構造の製造方法の各段階を示す断面図である。

【図9】 従来のコンタクト構造の製造方法の各段階を示す断面図である。

【図10】 従来のコンタクト構造の製造方法の各段階を示す断面図である。

【図11】 従来のコンタクト構造の製造方法の各段階を示す断面図である。

【図12】 従来のコンタクト構造の製造方法の各段階を示す断面図である。

*

*【図13】 従来のコンタクト構造の製造方法の各段階を示す断面図である。

【図14】 従来のコンタクト構造の製造方法の各段階を示す断面図である。

【図15】 従来のコンタクト構造の製造方法の各段階を示す断面図である。

【図16】 従来のコンタクト構造の製造方法の各段階を示す断面図である。

【図17】 従来のコンタクト構造の製造方法の各段階を示す断面図である。

【図18】 従来のコンタクト構造の製造方法の各段階を示す断面図である。

【図19】 従来のコンタクト構造の製造方法の各段階を示す断面図である。

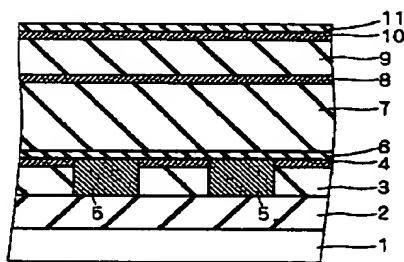
【図20】 従来のコンタクト構造の製造方法の問題点を示す断面図である。

【図21】 従来のコンタクト構造の製造方法の問題点を示す断面図である。

【符号の説明】

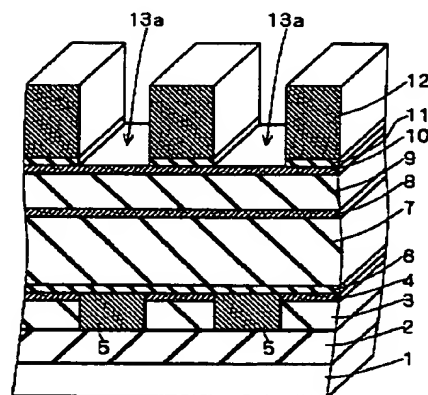
1 半導体基板、2 下部絶縁層、3 第1の低誘電率層間絶縁膜、4 ハードマスク、5 第1の金属膜、6 第1の層間絶縁膜、7 第2の低誘電率層間絶縁膜、8 第2の層間絶縁膜、9 第3の低誘電率層間絶縁膜、10 第3の層間絶縁膜、11 第4の層間絶縁膜、12、14、16、18、19 フォトリソ、13a~13e 配線溝パターン、15a~15g 接続孔パターン、20 第2の金属膜。

【図1】

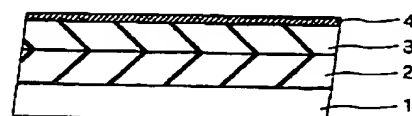


- 1: 半導体基板
- 2: 下部絶縁層
- 3: 第1の低誘電率層間絶縁膜
- 4: ハードマスク
- 5: 第1の金属膜
- 6: 第1の層間絶縁膜
- 7: 第2の低誘電率層間絶縁膜
- 8: 第2の層間絶縁膜
- 9: 第3の低誘電率層間絶縁膜
- 10: 第3の層間絶縁膜
- 11: 第4の層間絶縁膜

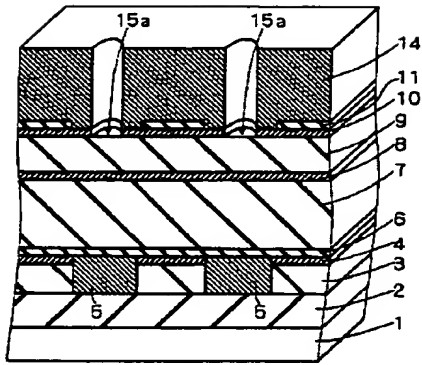
【図2】



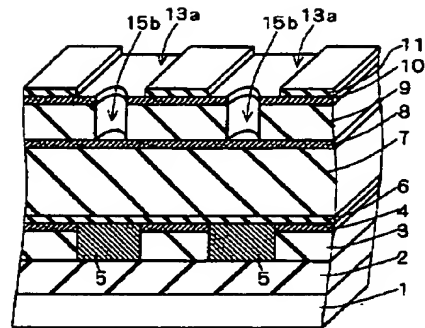
【図7】



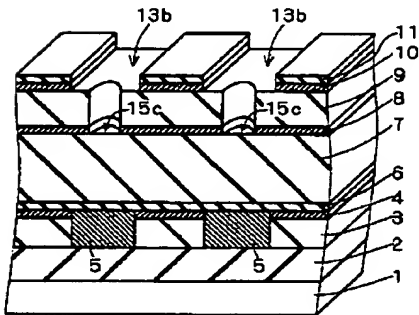
【図3】



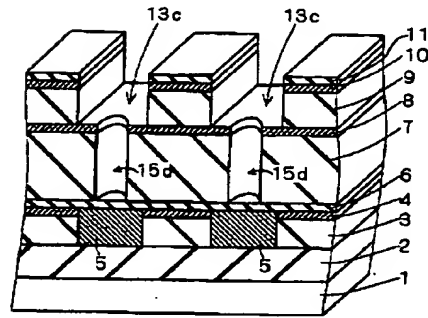
【図4】



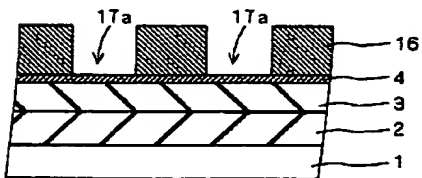
【図5】



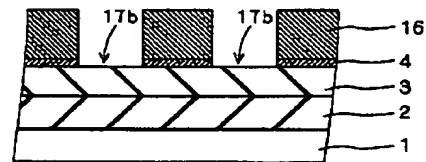
【図6】



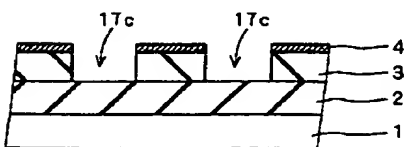
【図8】



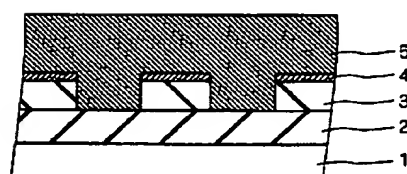
【図9】



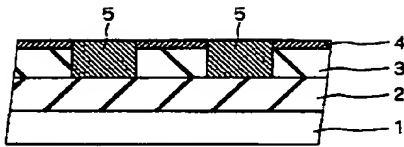
【図10】



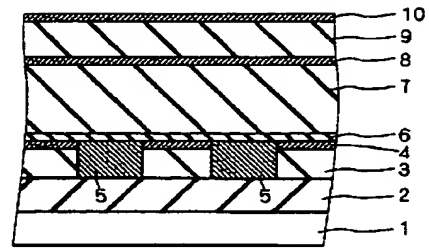
【図11】



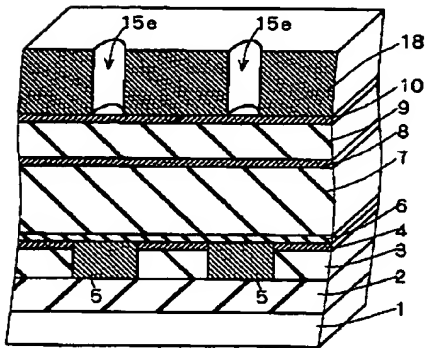
【図12】



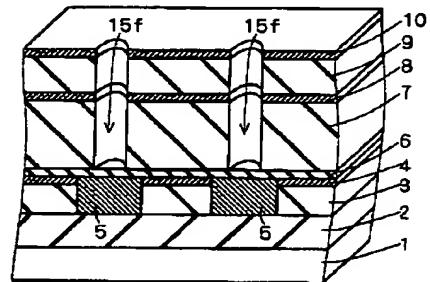
【図13】



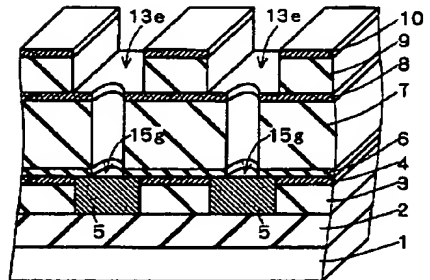
【図14】



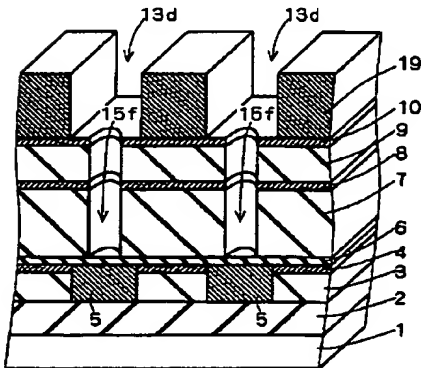
【図15】



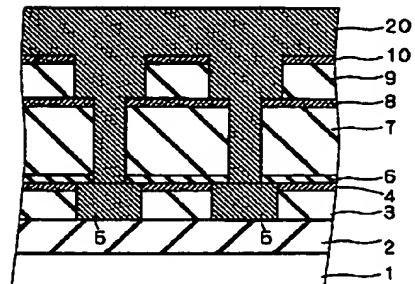
【図17】



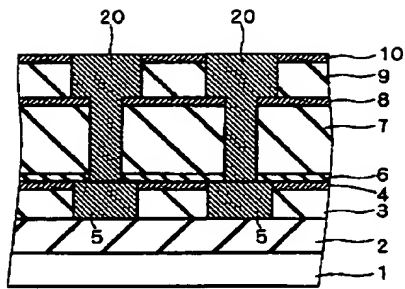
【図16】



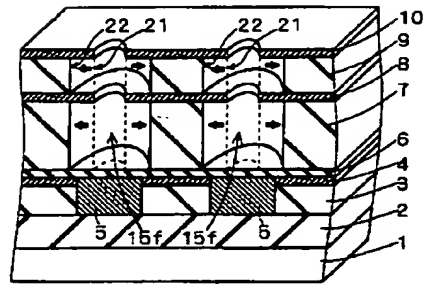
【図18】



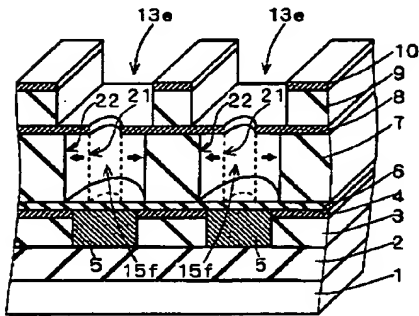
【図19】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

(72)発明者 森本 昇
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

Fターム(参考) 5F033 HH11 JJ01 JJ11 KK09 KK11
MM02 NN07 PP06 PP15 PP27
QQ09 QQ10 QQ12 QQ15 QQ25
QQ28 QQ35 QQ37 QQ73 QQ75
RR01 RR04 RR06 RR11 RR21
SS03 SS11 SS15 SS21 TT04
XX03